

## Evaluation des matériaux conducteurs par courant de Foucault pulsé

Nacer Boucherou, Mourad Zergoug, Amirouche Hammouda,  
Ghania Kamel Hayet Boudjelal, Amar Boutaghane & Omar Bourdjam

Centre de recherche scientifique et technique en soudage et contrôle  
Division des Procédés Electrique et Magnétique  
Bp64, route de dély Ibrahim, Cheraga, Alger  
Tél. : +21321361850, Fax : +21321361850  
[boucherou\\_nacer@yahoo.fr](mailto:boucherou_nacer@yahoo.fr)

### Résumé :

*La méthode conventionnelle des courants de Foucault aboutit à des résultats importants. L'inconvénient majeur est sa faible profondeur de pénétration. Pour remédier à cet inconvénient, nous sommes intéressés à utiliser la technique des courants de Foucault pulsés. Cette technique de contrôle est sollicitée dans des secteurs important (nucléaire, aéronautique...).*

*Cette technique de contrôle est appropriée pour sa plus grande pénétration d'analyse et évaluation des structures en multicouche. Elle permet de diagnostiquer différentes couches collées mécaniquement ou empilées en plusieurs couches adhésives. Elle consiste à exciter une sonde avec un signal carré et mesurer la différence de potentiel aux bornes d'une autre sonde.*

*A ce but, notre travail consiste à analyser différents défauts présents dans un matériau conducteur en multicouche. Un système de mesure micrométrique et un système d'acquisition sont réalisés pour établir une cartographie qui caractérise ce matériau.*

### Abstract :

*In contrast to conventional eddy current methods, pulsed eddy current (PEC) excites the probe's driving coil with a repetitive broadband pulse, such as a square wave. The resulting transient current through the coil induces transient eddy currents in the test piece, associated with highly attenuated magnetic pulses propagating through the material. At each probe location, a series of voltage-time data pairs are produced as the induced field decays, since a broad frequency spectrum is produced in one pulse, the reflected signal contains depth information of the material. Physically, the pulse is broadened and delayed as it travels deeper into the highly depressive material. Therefore, flaws or other anomalies close to the surface will affect the eddy current response earlier in time than deep flaws.*

*The modes of presentation of PEC data in the form of A-, and C-scans. Interpretation, therefore, may be considered more intuitive than conventional eddy current data.*

*PEC methods are very flexible: The excitation pulse, signal gain and sensor configurations can be modified to suit particular applications.*

**Mots-clefs :** CND ; Courants de Foucault Pulsé; Lift-off.

### 1 Introduction

Dans le contrôle non destructif on trouve deux techniques de contrôle par courants de Foucault ; la plus utilisée est la technique de contrôle par courants de Foucault classique qui utilise un champ électromagnétique sinusoïdal pour créer les courants d'induction. Elle est surtout applicable pour la recherche de défauts surfaciques, ou sub-surfacique.

Par contre la méthode de contrôle par les courants de Foucault pulsé dérive de la précédente ou le champ électromagnétique est généré par une impulsion de courant. Elle est très sollicitée pour le contrôle des matériaux multicouche et d'épaisseur plus importante.

Dans cet article nous allons présenter l'application des courants de Foucault pulsé dans la caractérisation de la conductivité électrique des matériaux et l'étude de certains défauts (rainures, absence de la matière).

## 2 Approche analytique

L'excitation est réalisée par un train d'impulsion de 12 V d'amplitude et une fréquence qui varie entre 1KHz et 100 KHz.

La variation des courants dans la sonde d'excitation qui est perpendiculaire à une surface plane est donnée par la formule [1]:

$J_p(z) = J_p(0) \exp(-z/\delta_p)$  Avec  $\delta_p$  la profondeur de pénétration standard en régime

impulsionnel donnée par l'équation  $\delta_p = \sqrt{\frac{2T_0}{\mu\sigma}}$

( $T_0$  la durée de l'impulsion,  $\mu$  la perméabilité magnétique,  $\sigma$  conductivité électrique)

On mesurant le signal au borne de notre sonde, on remarque une variation du courant celle-ci est due à un courant induit crée par le changement du champ d'excitation. Ce courant va atteindre une valeur maximale dans un premier temps puis s'atténue jusqu'à s'annuler, cette décroissance est due à la dissipation de son énergie et du champ d'excitation qui tend vers son état d'équilibre.

On mesurant le signal au borne de notre sonde de réception on peut déduire plusieurs caractéristiques de notre matériau

## 3 Système expérimental

La différence majeure dans le contrôle par courants de Foucault pulsés et courants de Foucault classique est dans, le champ d'excitation qui est très important. Il consiste à exciter une sonde a CF avec un signal carré et mesurer la différence de potentiel aux bornes de la sonde de réception. Ce système est basé sur la décharge rapide de la capacité à travers la bobine pour une large période.

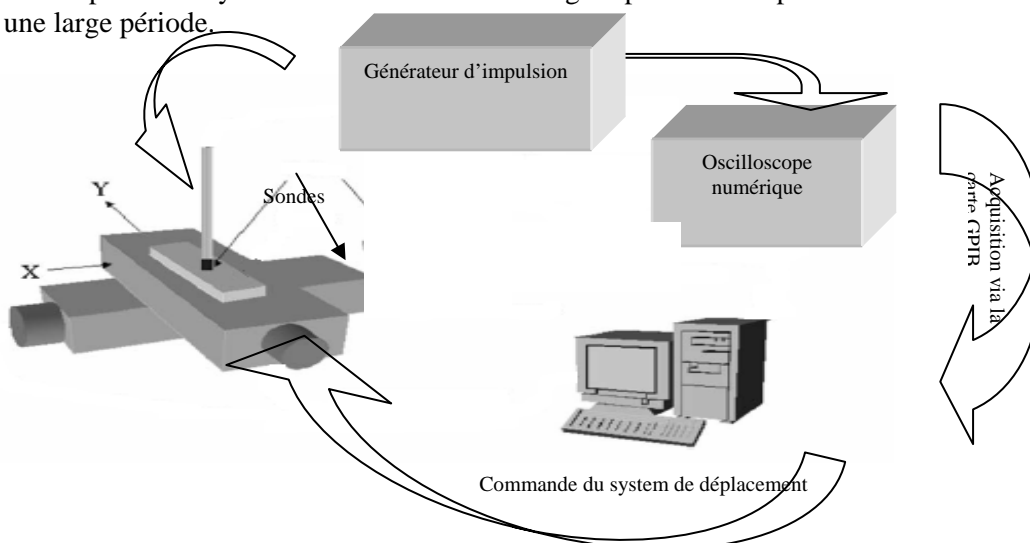
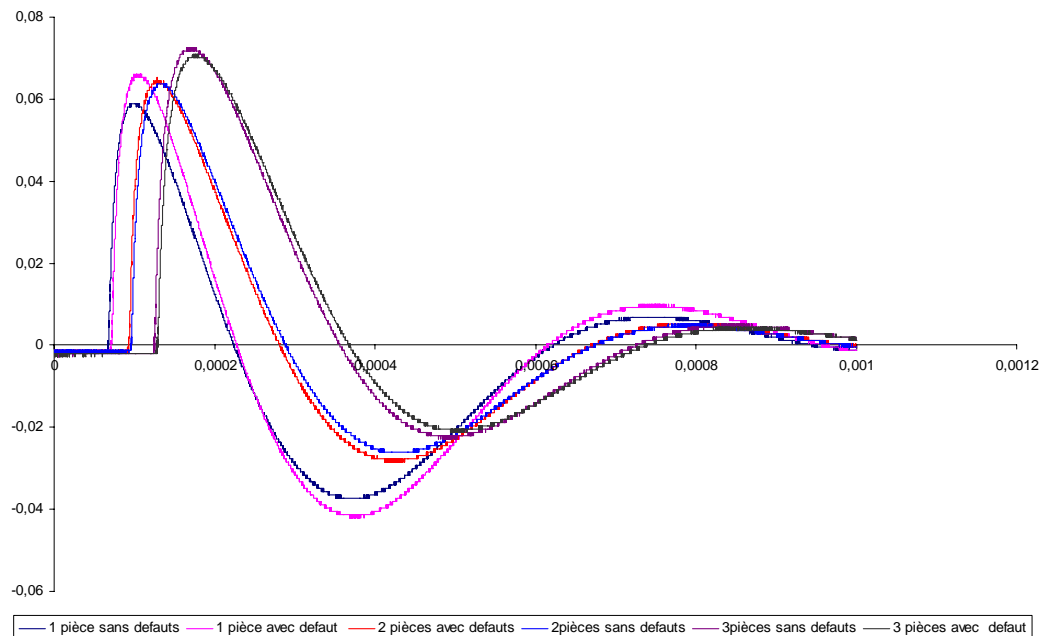
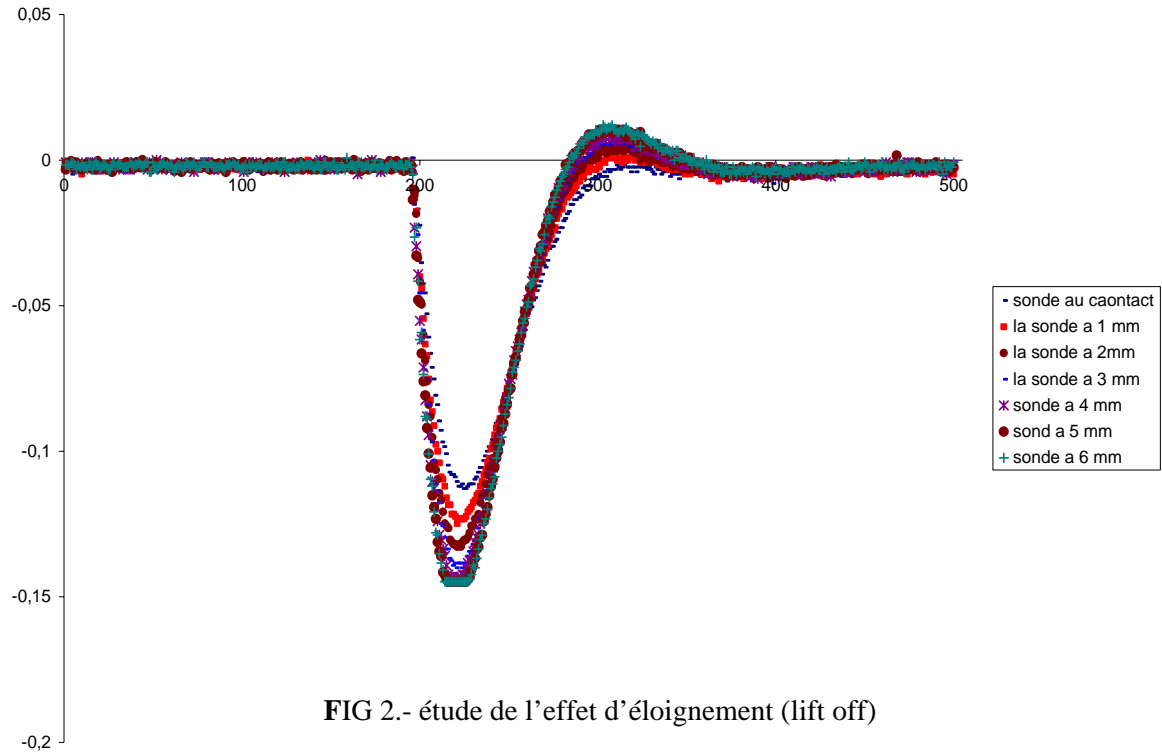


FIG1. - Chaîne de contrôle par courant de Foucault pulsé

#### 4 Influence du Lift-off et l'épaisseur de la pièce

Les figures ci dessous montre la superposition des différents signaux obtenue pour différentes valeurs du lift-off. (figure 2) et différents valeurs de l'épaisseur de la pièce (figure 3)

La mesure du maximum permet d'obtenir une estimation du lift-off est très intéressante pour la caractérisation des revêtements isolant ou de la mesure de l'épaisseur des pièces.



## 5 Représentation en deux dimensions de défauts en multicouches.

Les figures ci-dessous montrent une représentation en deux dimensions, d'une ruine de 20mm de longueur et 0.1 mm de largeur d'une feuille en aluminium 7075 de 1mm d'épaisseur revêtue en plusieurs feuilles d'aluminiums de 1mm d'épaisseur séparé par un isolant de 0.2mm d'épaisseur pour une détection de défaut en surface, première et deuxième couches.

Les images de différentes couleurs représentant la FFT du signal mesuré à différent point de déplacement sur la pièce scanné par un système de déplacement micrométrique.

On constate clairement par le changement de couleur la présence de la fissure pour les différentes positions du défaut.

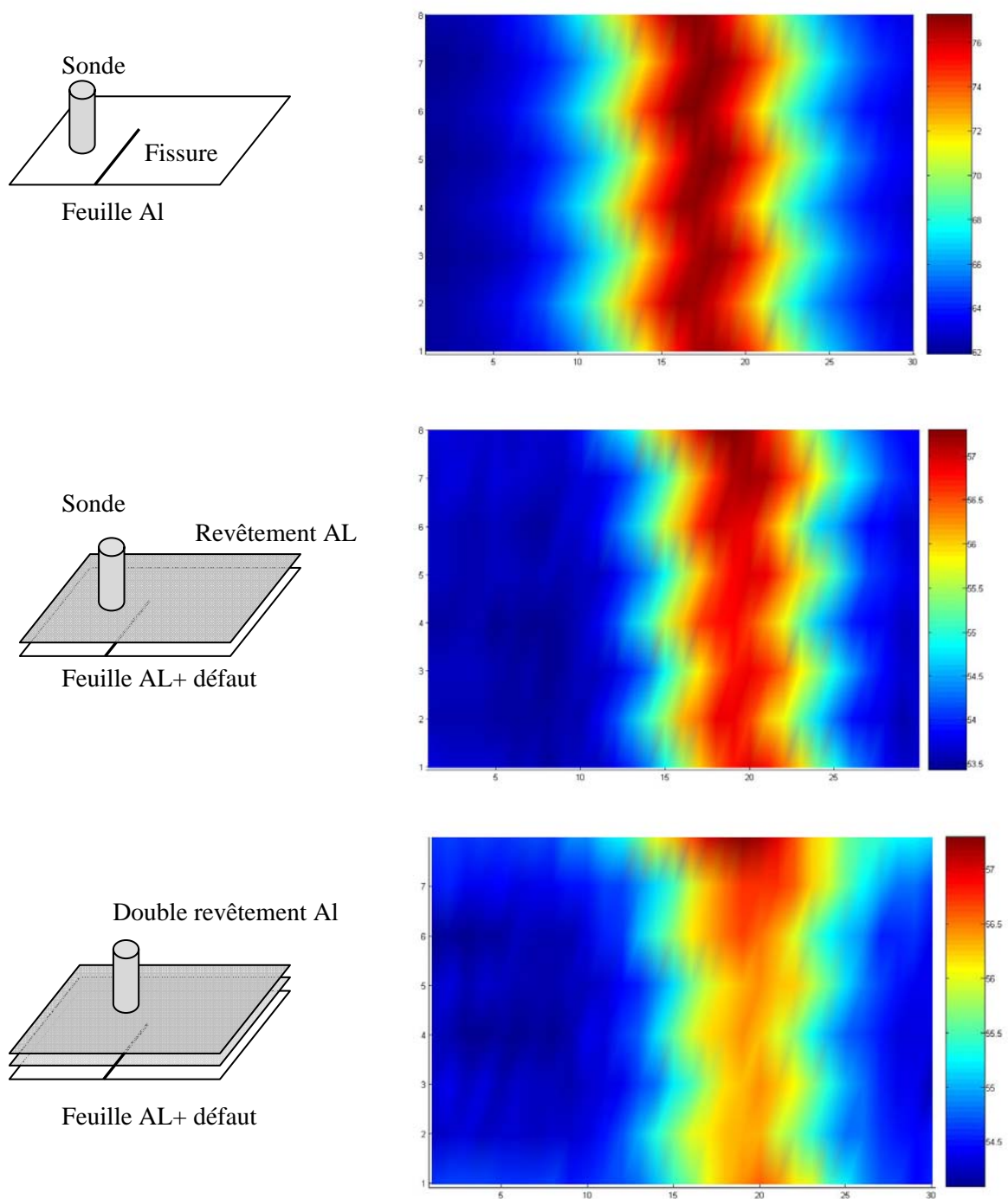


FIG 4.- représentation en deux dimensions d'un défaut en multicouches

## Conclusion

L'étude de l'effet d'éloignement (lift off) nous permet de déterminer les caractéristiques d'un revêtement ou l'arrachement de la matière comme il est représenté dans la figure (2) et la mesure des épaisseurs (figure 3)

L'avantage du Contrôle par Courants de Foucault pulsé réside dans la profondeur de contrôle (10mm) qui est plus importante que celle du contrôle par Courants de Foucault classique, de plus, les résultats observés ont montré clairement la possibilité de la technique à caractériser des défauts présent en sous couches.

## Références

- J-c Bour, E. Zoubiri, P.Vasseur et A. Billat, Etude de la répartition des courants de foucault pulsés dans une configuration de contrôle non destructif journal de physique III France 1996.
- J. Bowler et M. Johnson, Pulsed eddy current response to a conducting half-space, IEEE transactions on magnetic published, volume33, N°3, p 2258, 1997.
- M. Brassard, A. Chahbaz and ALL, Combined NDT Inspection Techniques for Corrosion Detection of Aircraft Structures, PELLETIER Idn 534, WCNDT, Rome 2000.
- F. Thollon, F.Clauzon-, Flaw characterization in metallic assemblies with pulsed eddy current NDT, 7<sup>th</sup> ECNDT PROCEEDINGS Vol 1 P.311. 1998.
- J. Bowler et M. Johnson, Pulsed eddy current response to a conducting half-space, IEEE transactions on magnetic published, volume33, N°3, p 2258, 1997.
- M. Zergoug, A. Haddad, S. Lebaili & A. Hammouda, Applying pulsed eddy current in detection and characterisation of defect, Emerging Technologies in Non Destructive Testing: Proceedings of the 3rd International Conference on Emerging Technologies in Non Destructive Testing, 26-28 May 2003, Thessaloniki, Greece.
- M. Zergoug, A. Haddad, A. Hammouda, S. Lebaili, A. Benchaala, Optimisation a digital methods processing of pulsed eddy current, 11<sup>th</sup> International Symposium on Non destructive Characterization of Materials, June 24-28, 2002 in Berlin.